

2011 Chinese Materials Conference

## Grass-planting and film-spraying material based on hydrophobicity-modified soil particles in preventing soil hardening

Zengzhi Zhang, Liangjing Li\*

*School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing, 100083, PR C130hina*

---

### Abstract

The surface soil harden phenomenon of the grass-planting and film-spraying material based on hydrophobicity-modified soil particles has been studied in the present investigation. The reasons of the surface soil harden phenomenon was analyzed and the method to keep the soil from packing together was proposed. By changing the type of the surfactant and the dosage ratio of the material and adding a high-energy organic fertilizer, a series of components optimization experiments were designed. According to the soil harden degree through apparent observation and the material microstructure analyses with SEM, the combination of the hydrophobe water components and hydrophilic components were analyzed, which further verified the results of the components optimization experiment. The results showed that the surface soil harden phenomenon did not appear when the surfactants mass used of S(greases), P(Contains alkyl of polyethers) and E(Polyolefin ethers) being 6g homogeneously. High-energy organic fertilizer plays a certain role in inhibiting soil hardening with an optimal dosage of 0.1g in 0.003m<sup>2</sup> area of the sand soil.

© 2011 Published by Elsevier Ltd. Selection and/or peer-review under responsibility of Chinese Materials Research Society. Open access under [CC BY-NC-ND license](#).

**Keywords:** grass-planting and film-spraying material; surface soil harden; surfactant; high-energy organic fertilizer

---

---

\* Corresponding author. Tel.: +86-10-82376537; fax: +86-10-82376537.  
E-mail address: [ll.jing2008@163.com](mailto:ll.jing2008@163.com).

# 土质憎水改性植草喷膜材料的防止土壤板结试验研究

张增志, 李梁静\*

中国矿业大学(北京)机电与信息学院, 北京 100083

## 摘要

本文针对土质憎水改性植草喷膜材料在以往的应用中所出现的土壤表层板结现象, 分析产生这一现象的原因, 并提出改善土壤板结的解决方法。通过改变喷膜材料中表面活性剂的种类和用量, 以及添加高能有机肥对材料进行了改进, 设计了一系列的组分优化试验; 采用表观观察对土壤的板结程度进行了判断, 并利用扫描电子显微镜对材料的微观形貌进行了对比, 分析了憎水组分与亲水组分的结合情况, 验证组分优化试验的结果。结果表明, 当用表面活性剂 S (油脂类)、P (带有烷基的聚醚类) 和 E (聚烯醚类) 用量为 6g 时, 土壤表层未出现板结现象; 试验中加入高能有机肥对抑制土壤板结起到了作用, 在面积为 0.0033m<sup>2</sup> 的沙土上用量为 0.1g 时效果最好。

**关键词:** 植草喷膜材料; 土壤板结; 表面活性剂; 高能有机肥

## 1. 引言

土质改性植草喷膜材料是所有荒漠化治理方法中的一个突破, 是以土质颗粒为基体来制成土质砂浆, 再添加表面活性剂以复合憎水改性组分, 制成复合植草材料<sup>[1]</sup>。该材料通过喷射技术会在荒漠化地表面形成一层透气、抑制水分蒸发的薄膜, 从而为草籽成长提供充足的水分。但在试验中发现: 随着材料体系中水分的逐渐散失, 土壤表层出现了很深的裂纹。裂纹直接破坏了材料表层的憎水改性组分所形成的保水层, 导致水分直接从裂纹处散失, 影响了材料的保水性能, 从而降低了草籽的存活率。

针对这种现象, 本试验通过改变表面活性剂组分的种类和用量对植草喷膜材料的组分进行了优化。根据相关的农业资料显示: 土壤表层所产生的裂纹主要是由于土壤的板结造成的<sup>[2]</sup>, 板结的土壤会失去多孔性, 其表土结构恶化。板结将减少土壤渗透速率, 增大降水的流失。土壤有机质偏低、天气干旱、因地上水源不足等原因均可造成土壤板结<sup>[3]</sup>。尤其是半干旱季风气候, 一些细小的土壤颗粒被大风掠走, 土壤中带负电荷的胶体将锁住水和硝酸盐中带正电荷的离子, 从而会形成水圈(土包水)、硬盘(结皮), 结果造成土壤毛细微孔空间缩小(缩小一半, 水分渗透力则降低 16 倍)<sup>[4]</sup>。这样, 种植时施加的水分和肥料的正渗透受阻, 土壤中的水、肥、气的逆渗透同样不畅, 土壤就形成并表现出板结硬化<sup>[5]</sup>。

土质憎水改性植草喷膜材料的组成为: 亲水组分(土质颗粒)、憎水组分(木蜡)、表面活性剂组分(非离子型, 油脂类, 简称为 S)和分散剂(水)。其中, 亲水组分的作用是在制成浆后渗到沙中, 起固沙的作用; 憎水组分的作用是改性亲水组分, 使其抑制水分蒸发; 而表面活性剂组分在土质憎水改性材料中的作用是使憎水组分(木蜡)以极小的微粒均匀地分散在水相中, 形成“水包油(O/W)”型乳化液, 以便与亲水组分均匀地混合<sup>[6]</sup>。有试验结果表明: 表面活性剂的种类和用量直接影响对憎水组分的乳化量和乳化微粒的大小, 即影响憎水组分与亲水组分结合的好坏<sup>[7]</sup>。所以, 存在表面活性剂组分最佳施用量问题, 且不同的表面活性剂乳化能力也不同。

高能有机肥能促进有机质很好地转换吸收并改善土壤的理化性能, 其中的有机质>30%, 氮磷钾总含量>25%, 同时含有钙、硫、镁、钼、铜、锰、锌、硼、钠硅等常量元素和微量元素, 及对许多作物有利的有机酶、有机酸、蛋白质等作物所需营养元素<sup>[8]</sup>。高能有机肥的氮、磷、钾等营养成分分别包含在每个微颗粒的分子里, 经造粒后成为大集团颗粒<sup>[9]</sup>。这种集团颗粒内所含的营

养成分不会因浇水、下雨而溶解，而是缓慢释放，直至全部松散开，这就需要一定的时间。在集团颗粒全部松散开后，会出现一个松散集团区域，区域里的氮、磷、钾是比较集中的，这时活化有机质内的 1/4 智能团在此高浓度氮、磷、钾集中区内暂时不会把自己体内所含的氮、磷、钾释放，待松散区域里的氮、磷、钾逐渐减少时，这一部分氮、磷、钾才会慢慢释放出来，等于又释放了一次肥力，从而延长了肥效的释放时间，提高了利用率。因此，本试验中又在成分中添加了高能有机肥，以防止土壤的板结，减少土壤裂纹的出现。

## 2. 试验部分

### 2.1. 表面活性剂种类及用量优化试验

本研究中采用的表面活性剂为非离子型表面活性剂，配料成分包括：S（属油脂类）、P（属带有烷基的聚醚类）、E（属聚烯醚）、土质颗粒、粗砂、木蜡、分散剂（水）。

研究工作使用的主要仪器有：高速剪切机、79-1 型磁力加热搅拌器、JY1001 型电子天平、美国 KYKY1820 型扫描电子显微镜和恒温水浴锅。

采用的试验方案如下：植草喷膜材料的制浆，浸沙和淋洒。（1）制浆：先将表面活性剂、木蜡、水按表 1 中比例混合，用磁力搅拌器搅拌 0.1h，缓慢加入土质颗粒，然后用高速剪切机剪切（剪切速度选择 A（10000rpm）转速，常温）0.2h 使土质颗粒与混合液混合均匀；（2）浸沙：取适量粗砂放入 100mL 烧杯中，缓慢加水，根据文献<sup>[10]</sup>知，加入水的量为 22g 时最合适；（3）淋洒：将制得的浆液快速倒入（防止土质颗粒下沉）自制的淋洒器中，浆液通过底部的孔洞均匀地淋洒到粗沙之上。将试样放在 90℃的水浴锅中加热 6h，使水分迅速蒸发，加快表面干裂。

利用佳能 A 70 型数码相机对其表面进行拍照，用于后续观察；并利用扫描电子显微镜对材料的微观形貌进行了分析<sup>[11]</sup>。

表 1 喷膜材料的组分及用量优化试验方案

Table1 Component and amount of film-spraying material's optimization experiment scheme

| Sample No. | surfactant variety(g) | surfactant(g) | wax(g) | water (film) (g) | soil(g) |
|------------|-----------------------|---------------|--------|------------------|---------|
| S3         | S                     | 3             | 0.5    | 15               | 3       |
| S6         |                       | 6             | 0.5    | 15               | 3       |
| S9         |                       | 9             | 0.5    | 15               | 3       |
| P3         | P                     | 3             | 0.5    | 15               | 3       |
| P6         |                       | 6             | 0.5    | 15               | 3       |
| P9         |                       | 9             | 0.5    | 15               | 3       |
| E-3        | E                     | 3             | 0.5    | 15               | 3       |
| E-6        |                       | 6             | 0.5    | 15               | 3       |
| E-9        |                       | 9             | 0.5    | 15               | 3       |

note: “water (film)” as the amount of dispersant (water) when pulp

### 2.2. 高能有机肥不同用量的试验

### 2.2.1. 试验材料

非离子型表面活性剂 P（属带有烷基的聚醚类）、土质颗粒、粗砂、木蜡、分散剂（水）、高能有机肥（金绿洲肥王，中科院研制）。

### 2.2.2. 试验仪器

酸式滴定管、恒温水浴锅、电子天平、精密天平。

### 2.2.3. 试验方案

有机肥有化学肥料一样，在农业生产中也要计量施用。根据使用说明，高能有机肥的用量为：土壤较肥沃的是 25kg/亩、土壤一般肥沃的是 50kg/亩、土质较差的可酌量增加<sup>[11]</sup>。本试验中的土质颗粒基团为粗砂，为劣质土样，试验中用的是 100mL 的烧杯，杯口面积为 0.0033m<sup>2</sup>，理论上应施用 0.08g 高能有机肥。为了对比效果，本试验高能有机肥的用量分别为 0g、0.05g、0.1g、1.5g。在淋洒前加入到植草喷膜材料中，其他操作同前。具体方案如下：

表 2 高能有机肥不同用量的优化试验方案

Table 2 The amount of high-energy organic fertilizer's optimization experiment scheme

| Sample No. | high-energyorganic<br>fertilizer(g) | surfactant P(g) | wax(g) | water (film) (g) | particles(g) |
|------------|-------------------------------------|-----------------|--------|------------------|--------------|
| a          | 0                                   | 6               | 0.5    | 15               | 3            |
| b          | 0.05                                | 6               | 0.5    | 15               | 3            |
| c          | 0.1                                 | 6               | 0.5    | 15               | 3            |
| d          | 0.15                                | 6               | 0.5    | 15               | 3            |

## 3. 结果与讨论

图 1 为加入不同表面活性剂种类及用量进行板结试验后，各组试样的材料表层照片。可以看出，S3、P3 和 E3 即喷膜材料中分别加入表面活性剂 S、P、E 各 3g，试样在板结试验后均有不同程度的裂纹产生，如图 S3-2、P3-2 及 E3-2；而分别加入三种表面活性剂各 6g 试验的三组试样的表面 S6-2、P6-2 和 E6-2 状况良好，均未见有微小裂纹产生，即使在水分迅速蒸发的情况下，材料表层依然保持完好，说明当表面活性剂组分的用量从 3g 增加到 6g 时可以有效的减少裂纹的产生；但是，S9-2、P9-2 和 E9-2 表面边缘有少量的深裂纹，说明当表面活性剂组分的用量从 6g 增加到 9g 时，反而又有裂纹产生，土壤出现不同程度的板结。

为了进一步对比三种不同表面活性剂的防止土壤板结作用，本研究利用扫描电子显微镜分别对上图中效果较好的 S3、S6 和 S9 试样的微观形貌进行了观察，并分析憎水材料与亲水材料间的结合情况，如图 2 所示。由图可知，含有表面活性剂 S 的体系水包油乳化液含量较小，仅对部分土质颗粒具有憎水改性作用，即憎水组分只与部分亲水组分结合；含有表面活性剂 P 的体系水包油乳化液含量适中，使材料体系中大部分亲水孔转变为憎水孔，但是基本不会改变土质颗粒原来的孔径结构，憎水组分和亲水组分的良好结合使喷膜材料能像液态的乳化液那样将土质颗粒层层包覆，使在土壤表面形成的薄膜不易破裂，效果最好；而含有表面活性剂 E 的体系水包油乳化液含量过大，憎水孔也随之而增多，水分子穿越这些憎水孔迁移到材料表面上的难度加大，使其蒸发变得困难，同时土质颗粒中较大的孔径结构也将逐渐减少，直至消失。

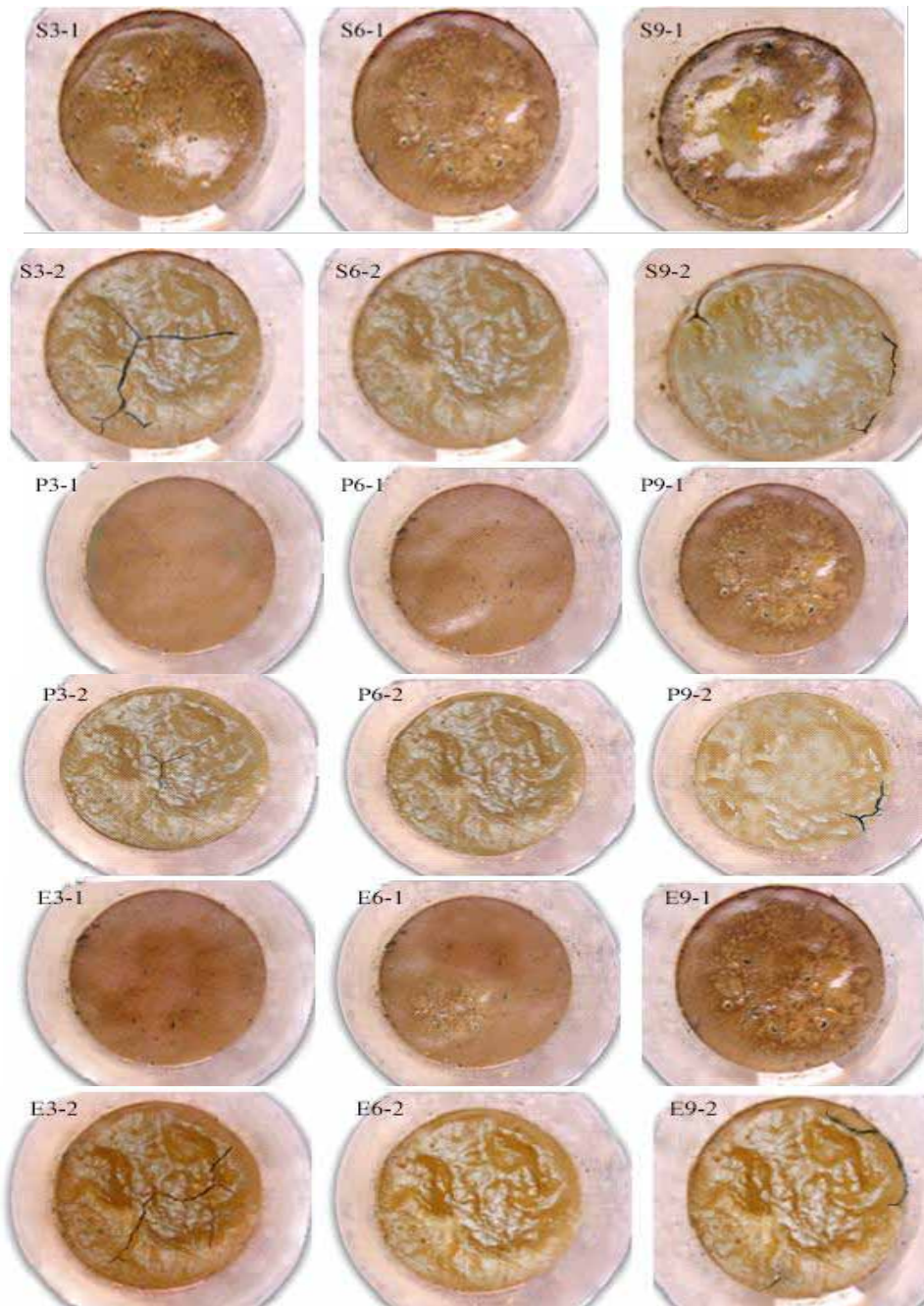


图 1 板结试验前后试样表层形貌

Fig. 1 Pattern of plate samples before and after the hardening experiment

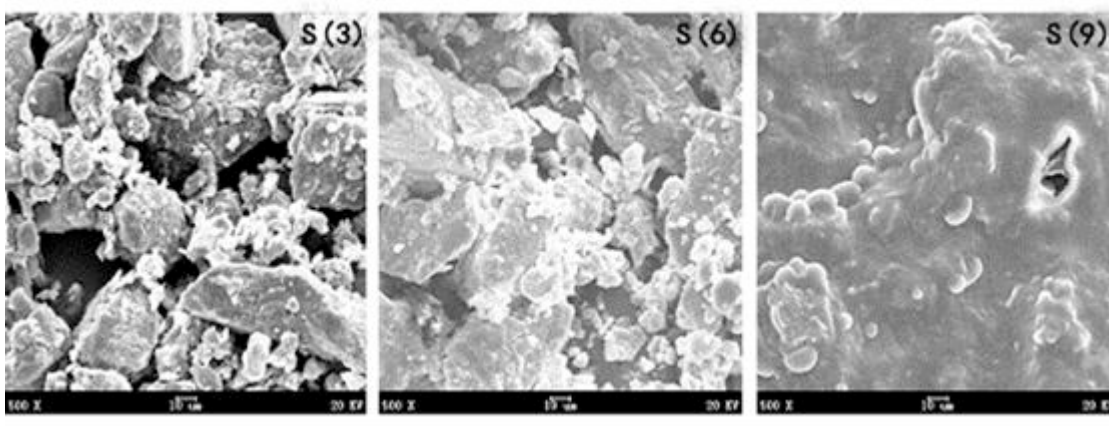


图 2 S、P 和 E (6) 试样板结试验后表层微观形貌

Fig.2 S, P and E (6) sample surface microstructure after the hardening experiment

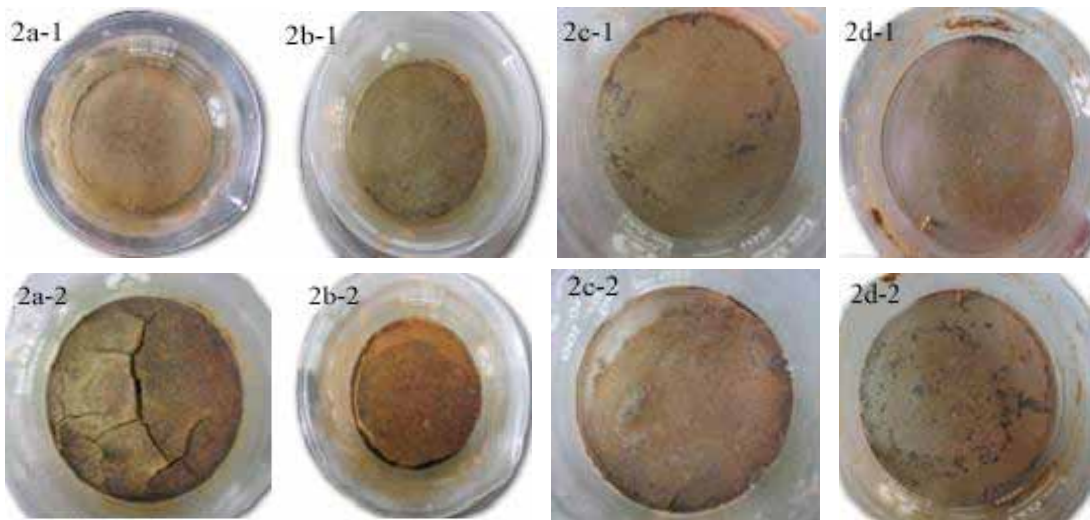


图 3 加入不同量高能有机肥的试样板结试验前后形貌 (a: 0g; b: 0.05g; c: 0.1g; d: 0.15g)

Fig.3 Joined different amount organic high-energy of sample photos before and after the hardening experiment (a: zero; b: 0.05g; c: 0.1g; d: 0.15g)

下面图 3 为加入不同量有机肥进行板结试验前后, 各组试样的材料表层照片。其中 a 组是没有施加高能有机肥的试样, 通过加热前后试样表面 a-1 与 a-2 形貌对比可以看出, 随着水分的蒸发, 试样表层凸起, 植草喷膜材料与试样土质机体发生, 并在边缘处出现一条深邃的干裂纹, 说明板结情况已十分严重。b 组: 施加了 0.05g 高能有机肥, 随着水分的蒸发, 材料表层 b-2 没有凸起, 依然与土质机体是一个整体, 但仍然出现了几条干裂纹。这表明高能有机肥有防止土壤板结



的作用，但由于添加量不多，所以效果不明显。c 及 d 组：分别施加 0.1g 和 0.15g 高能有机肥，随水分的散失，试样表面 c-2 和 d-2 既没出现凸起分层也都没出现明显的裂纹，即使在水分迅速蒸发的情况下，材料表层依然保持完好。因此，在烧杯内径大小的试样中，加入 0.1g 的高能有机肥，将能够有效防止土壤表层的干裂状况，对预防土壤的板结现象具有明显效果。试验中所采用的 0.1g 高能有机肥的施用量是适宜的。

图 4 为上述 a 组和 c 组试样在板结后的表面 a-2 和 c-2 的微观形貌。明显可以看出，未加入高能有机肥的 a 组中憎水组分与亲水组分几乎处于分离的状态，对亲水组分的改性也就很少；而加入高能有机肥后，复合植草材料体系中的憎水组分与亲水组分结合的更好，确能使喷膜材料能更好的包裹土质颗粒，达到了较少产生裂纹的效果。

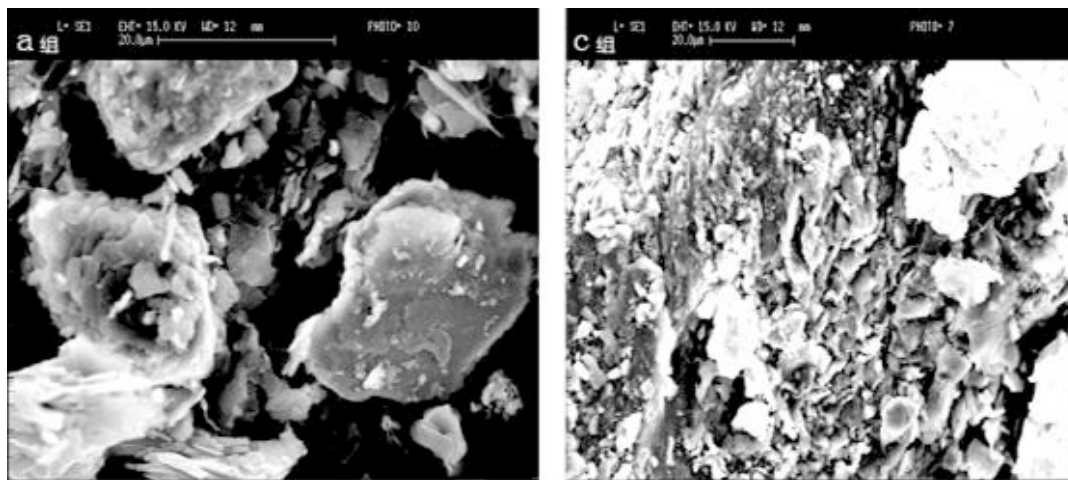


图 4 加入高能有机肥前后板结后试样表面微观形貌（放大 2000 倍）

Fig.4 Joined organic high-energy or not of sample photos before and after the hardening experiment (Enlarge 2000 times)

#### 4. 小结

1. 通过喷膜材料的组分优化试验，得出表面活性剂组分 P 对减少裂纹出现、抑制土壤板结的效果最好；发现表面活性剂的不同用量也会影响其对减少裂纹出现的效果，实验结果证明表面活性剂组分 P 的最佳用量为 6g；
2. 高能有机肥可有效缓解土壤的板结现象，其表现为在施加了高能有机肥的对比组中，土壤表面的裂纹明显减少；而对于未施加有机肥的对比组，土壤表层的裂纹非常明显，严重者甚至会造成土质憎水改性植草喷膜材料与基体的分离；
3. 高能有机肥的用量是要根据具体的土质及应用情况合理使用，在本试验条件下，100mL 烧杯，杯口面积为  $0.0033\text{m}^2$ ，在该面积下施用 0.1g 的高能有机肥就可以达到有效防止土壤板结的需要，增加用量则会造成浪费。

## 致谢

本论文工作得到了中国国家自然科学基金项目（批准号：50772131）、中国教育部重点项目（批准号：106086）以及中国矿业大学（北京）中央高校基本科研经费（批准号：2010YJ05）的资助。

## 参考文献

- [1] Zhu JF, Zhu ZD. *The Desertification controlling in China*. Beijing: China Forestry Press, 1998; 170-174.
- [2] Li, LY, Sun LB. The approaches to relieve the soil compaction. *Agriculture in Jilin Province* 2003; **04**:16-17.
- [3] Wang XQ, Liu SP, Ban HW. The reason and promotion of soil compaction. *Agriculture Technology in Hebei Province* 2002; **10**:21.
- [4] The website of China Forestry Academy, [www.forestry.ac.cn](http://www.forestry.ac.cn).
- [5] The approaches to relieve the soil compaction. *Soil Fertilizer* 2004; **4**:21.
- [6] Liu C. The structure Characteristics and applications of surfactant. *Journal of Huaihua University* 2004; **23(5)**:33-37.
- [7] Fan SY, Gao XC. Desert Control in China: Models and Institutional Innovations. *Social Science in China*, 2001; **4**:25-28.
- [8] *The reason and promotion of soil compaction* 2010; **05**:64-65.
- [9] Liu F. Efficient organic fertilizer. *Chinese patent: CN1107825*, 1995; **09**:06.
- [10] Gu FF, Wen QK, Review on Eolian Sand Soil Development Trend Research under Impact of Artificial Vegetation. *Arid Zone Research*, 1999; **16(2)**:67-70.
- [11] Wu G. *The application and structure characterization of materials*. Beijing: Chemical Industry Press, 2004; 394-437.